

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

## **Návrh sidecaru pro dětskou sedačku na kolo**

Design of a Bicycle Sidecar for a Child Seat

Student:

Petr Cigán

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph. D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Cigán**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: **Návrh sidecaru pro dětskou sedačku na kolo**  
**Design of a Bicycle Sidecar for a Child Seat**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte svařovanou konstrukci dětské postranní sedačky na jízdní kolo opatřené jedním přídatným kolem. Konstrukce bude odnímatelná a vybavená vhodnou sedačkou pro dítě do 3 let a hmotnosti do 35kg. Nakreslete výrobní výkres svařované konstrukce a sestavný výkres celého návrhu sidecaru včetně ukotvení k jízdnímu kolu.

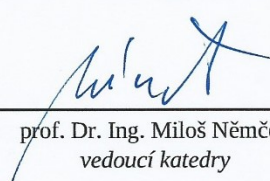
Seznam doporučené odborné literatury:

Dejl, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3  
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8  
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 128s. ISBN 978-80-248-1860-3  
Leinveber, J.; Vávra, P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7  
Normy, katalogy, prospekty a www-stránky k dané problematice


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017  
Datum odevzdání: 21.05.2018

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry




  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:.....18.5.2018.....

..........

Podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona § č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....18.5.2018.....

.....  
podpis

Petr Cigán

Bohuslavice, Opavská 306, 747 19

## **Anotace**

CIGÁN, P. *Návrh sidecaru pro dětskou sedačku na kolo: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra části a mechanismy strojů, 2018, 50 s. Vedoucí práce KUNZOVÁ, I.

Bakalářská práce úvodem obecně popisuje dané téma. V další části je popsán historický vývoj sajdkár a jejich rozdělení dle různých kritérií. Cílem práce je navrhnout sajdkáru připojenou ke kolu pro dítě do hmotnosti 35 kg, vytvořit geometrický návrh uzpůsobený připojení a neomezující v jízdě, zkontrolovat únosnost navržených svarů pod napětím vyvozeným z hmotnosti dítěte, provést ohybovou kontrolu navržených trubek a kontrolu čepu ve vidlicové hlavě, a následně provést kontrolu navrženého šroubu v přední části uchycení k rámu kola. Konečným krokem je provedení pevnostní kontroly rámu metodou MKP v programu ANSYS a vytvoření výkresové dokumentace.

## **Annotation**

CIGÁN, P. *Design of a Bicycle Sidecar for a Child Seat: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2018, 50 p. Supervisor: KUNZOVÁ, I.

The introduction part of the bachelor thesis deals with the subject in general. The following part describes historical development of bicycle sidecars and their division according to various criteria. The aim of the thesis is to design a bicycle sidecar attached to the wheel for a child weighing 35 kg, to create a geometric design suitable for this connection and not restricting the ride, to check the load bearing capacity of the proposed welds where the stress is determined by the weight of a child, to perform a bending inspection of the designed tubes and check the pin in the fork end, and subsequently to check the designed screw in the front part of the attachment to the wheel frame. The final step is to check the strength of the frame by FEM method while using the ANSYS programme.

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Ivaně Kunzové, Ph. D. za odborné vedení a připomínky při konzultacích.

## Obsah

Seznam použitého označení, symbolů a zkratk .....	2
Úvod .....	5
1. Rešerše .....	6
1.1. Konstrukce .....	6
1.2. Rozdělení .....	7
1.2.1. Rozdělení podle podvozků .....	7
1.2.2. Rozdělení podle karosérie .....	10
2. Popis .....	13
2.1. Popis samostatného rámu .....	13
2.2. Popis připojení svařovaného rámu sajdkáry .....	13
2.3. Popis konečného sestavení .....	14
3. Návrh rámu .....	15
3.1. Geometrický návrh .....	15
3.2. Rozložení hmotnosti .....	16
4. Výpočet pevnosti svarů .....	18
4.1. Svar čepu odpružení .....	20
4.2. Svar zadní nosné tyče a rámu kola sajdkáry .....	22
4.3. Svar zadní nosné tyče s vnější přípojnou tyčí a vnitřní tyčí .....	23
4.4. Svar vnější přípojný tyče a vnitřní tyče .....	24
5. Kontrola ohybového napětí .....	26
5.1. Zadní nosná tyč .....	26
5.2. Vnitřní tyč .....	27
5.3. Vnější přípojná tyč .....	28
5.4. Ohyb nosného plátu .....	31
6. Kontrola šroubu .....	33
7. Výpočet čepu ve vidlici .....	35
8. Pružina .....	37
9. Závěr .....	38
10. Literatura a software .....	39
11. Přílohy .....	41

## Seznam použitého označení, symbolů a zkratek

a	maximální výška rámu	[mm]
a <sub>b</sub>	záporné zrychlení	[m·s <sup>-2</sup> ]
a <sub>np</sub>	výpočtový rozměr nosného plátu	[mm]
a <sub>r</sub>	zrychlení	[m·s <sup>-2</sup> ]
a <sub>s</sub>	výška koutového svaru v normálovém směru řezu	[mm]
a <sub>vn</sub>	výpočtový rozměr vnitřní tyče	[mm]
a <sub>vp</sub>	výpočtový rozměr vnější přípojně tyče	[mm]
a <sub>zn</sub>	výpočtový rozměr zadní nosné tyče	[mm]
b	šířka rámu	[mm]
b <sub>np</sub>	výpočtový rozměr nosného plátu	[mm]
b <sub>p</sub>	šířka nosného plátu	[mm]
b <sub>vn</sub>	výpočtový rozměr vnitřní tyče	[mm]
b <sub>vp</sub>	výpočtový rozměr vnější přípojně tyče	[mm]
b <sub>zn</sub>	výpočtový rozměr zadní nosné tyče	[mm]
c	vzdálenost odpružených čepů	[mm]
c <sub>zn</sub>	výpočtový rozměr zadní nosné tyče	[mm]
d	průměr tyčí rámu	[mm]
d <sub>č</sub>	průměr čepu	[mm]
d <sub>zn</sub>	výpočtový rozměr zadní nosné tyče	[mm]
d <sub>2</sub>	střední průměr závitu	[mm]
d <sub>3</sub>	malý průměr závitu	[mm]
e	maximální šířka rámu	[mm]
f	maximální délka rámu	[m·s <sup>-2</sup> ]
f <sub>s</sub>	Součinitel tření mezi plechy	[ - ]
g	gravitační (tíhové) zrychlení	[m·s <sup>-2</sup> ]
h	délka nosné části rámu	[mm]
h <sub>p</sub>	výška nosného plátu	[mm]
h <sub>vp</sub>	výpočtový rozměr vnější přípojně tyče	[mm]
i	vzdálenost těžiště od zadních čepů odpružení	[mm]
j	vzdálenost těžiště od předních čepů odpružení	[mm]
k	koeficient bezpečnosti	[ - ]
l	délka čepu odpružení	[mm]



$l_{vp1}$	výpočtový rozměr vnější přípojně tyče	[mm]
$l_{vp2}$	výpočtový rozměr vnější přípojně tyče	[mm]
$k_3, k_4$	převodní součinitele pro koutové svary	[ - ]
$m$	šířka rámu kola sajdkáry	[mm]
$n$	délka úložné části sedačky sajdkáry	[mm]
$p$	otlačení	[MPa]
$p_{dov}$	dovolené otlačení	[MPa]
$r$	poloměr zatáčení	[mm]
$t$	výška koutového svaru	[mm]
$v$	rychlost	[m·s <sup>-1</sup> ]
$A$	síla působící na přes čep odpružení	[kg]
$A_v$	šířka vidlice	[mm]
$B$	síla působící na přes čep odpružení	[kg]
$B_{\check{c}}$	šířka vnitřní části vidlice	[mm]
$C$	síla působící na přes čep odpružení	[kg]
$D$	síla působící na přes čep odpružení	[kg]
$F$	síla působící na čep	[N]
$F_o$	celková osová síla ve šroubu	[N]
$F_o'$	osová síla ve šroubu	[N]
$F_{od}$	odstředivá síla	[N]
$F_s$	setrvační síla	[N]
$F_T$	třecí síla	[N]
$F_{\perp \text{výsledná}}$	výslednice kolmých sil na šroub	[N]
$L$	délka nosné části rámu	[mm]
$M_o$	ohybový moment	[N·m]
$M_{Omax}$	maximální ohybový moment	[N·m]
$M_{Tz}$	Moment tření v závitu	[N·m]
$P$	stoupání závitu	[mm]
$Q$	hmotnost	[kg]
$R_A$	reakce působení váhy v bodě A	[kg]
$R_{Ax}$	reakce působení zatížení v ose x v bodě A	[N]
$R_{Ay}$	reakce působení zatížení v ose y v bodě A	[N]
$R_{Az}$	reakce působení zatížení v ose z v bodě A	[N]
$R_B$	reakce působení váhy v bodě B	[kg]

$R_{Bx}$	reakce působení zatížení v ose x v bodě B	[N]
$R_{By}$	reakce působení zatížení v ose y v bodě B	[N]
$R_{Bz}$	reakce působení zatížení v ose z v bodě B	[N]
$R_{Cx}$	reakce působení zatížení v ose x v bodě C	[N]
$R_{Cy}$	reakce působení zatížení v ose y v bodě C	[N]
$R_{Cz}$	reakce působení zatížení v ose z v bodě C	[N]
$R_D$	reakce působení zatížení v bodě D	[N]
$R_{Dx}$	reakce působení zatížení v ose x v bodě D	[N]
$R_{Dy}$	reakce působení zatížení v ose y v bodě D	[N]
$R_{Dz}$	reakce působení zatížení v ose z v bodě D	[N]
$R_e$	mez kluzu materiálu	[MPa]
$S$	plocha průřezu šroubu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{Sv}$	průřezové charakteristika koutového svaru ve smyku	[mm <sup>2</sup> ]
$W_O$	modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{Osv}$	průřezové charakteristika koutového svaru v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_k$	modul průřezu v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{ksv}$	průřezové charakteristika koutového svaru v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
$\alpha$	Úhel metrického závitu	[ ° ]
$\beta$	součinitel tloušťky koutového svaru	[ - ]
$\sigma_{dov}$	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_t$	tahové napětí ve šroubu	[MPa]
$\sigma_o$	ohybové napětí	[MPa]
$\sigma_{RED}$	redukované napětí ve svaru	[MPa]
$\tau$	smykové napětí ve šroubu	[MPa]
$\tau_s$	smykové napětí čepu	[MPa]
$\tau_{\perp}^{Fs}$	kolmé smykové napětí setrvační síly	[MPa]
$\tau_{\perp}^{Fod}$	kolmé smykové napětí odstředivé síly	[MPa]
$\tau_{\perp}^{Mo}$	kolmé napětí v ohybu	[MPa]
$\tau_{\parallel}^{Mk}$	rovnoběžné napětí v krutu	[MPa]
$\pi$	matematická konstanta	[ - ]
$\psi$	Úhel stoupání závitu	[ ° ]
$\varphi'$	Redukovaný třecí úhel	[ ° ]

## Úvod

Téma návrhu sidecaru pro dětskou sedačku na kolo jsem vybral z důvodu, že jsem doposud neviděl toto provedení u kol a tím mi tato práce přišla velmi zajímavá. Všechny typy sajdkár, co jsem doposud viděl, byly jen u motocyklů.

V dnešní době se sajdkáry vyrábějí velmi málo a na základě osobních objednávek. Často se v dnešní době sajdkáry objevují jen na motorkářských srazích, srazích veteránů a v seriálech či filmech jejichž děj se odehrává v období jejich rozvoje. Dále lze vidět na závodech sajdkár, ale tyto verze sajdkár se nedají zařadit mezi verze na silnice, z důvodu, že tyto sajdkáry jsou speciálně upraveny a to tak, že už ztrácejí svůj prvotní význam převézt náklad či více osob.

Cílem této práce je navržení sidecaru pro dětskou sedačku s přídavným kolem, který bude mít nosnost do 35 kg. Celá tato konstrukce musí být vyrobená tak, aby byla možnost sidecar odejmout a kolo bylo použito jako tzv. „solo“



*Obrázek 1 - Sajdkára u kola*

## 1. Rešerše

Sajdkára dosahuje téměř automobilového komfortu, co se týče pohodlí pasažéra. Tento typ provedení je dvoustopá tříkolka, která má velmi dobrou stabilitu a minimální možnost smyku.

Hlavním důvodem vzniku tohoto přívěsného vozíku, bylo zvýšení využití motocyklu k přepravě osob, třeba i celé rodiny nebo nákladu. Dalším důvodem byl také převoz žen v dřívější době. Pro ženy, které na sobě nosily vrstvené a objemné sukně, nebyla jízda za řidičem přípustná a vzhledem ke konstrukci vozidla nepraktická, kdy se mohla sukně dostat do kola či řemene motocyklu (obrázek 2).



*Obrázek 2 – Vzhled sajdkáry uzpůsobené pro objemné sukně žen*

Samotný název sajdkár, je převzaté slovo z angličtiny Sidecar. V angličtině se toto slovo vyslovuje „sajdkár“, odtud tedy počeštěný název. Doslovný překlad ovšem je „postranní vozík“.

### 1.1. Konstrukce

Sajdkár se skládá z nosného rámu, přípojného kola, karoserie a připojovacího zařízení. Rám má nejčastěji tvar čtyřúhelníku, ale u rámu kola sajdkáru je možný tvar trojúhelníku z důvodu menších působících sil. Uchycení rámu může být pomocí ok u silnějších verzí anebo pomocí objímek u slabších verzí. Odpružení lze vyřešit pomocí listových per, gumy či šroubových pružin. Karoserie se vyrábí lehké, tvarově aerodynamické a sedla polstrovaná. Kolo se připevňuje na prodlouženou osu zadního kola a musí splňovat několik parametrů. Mezi tyto parametry patří sbíhavost a odklon kola.

Konstrukce sajdkáru není příliš nákladná na materiál a také není nákladná na výrobu. Konstrukce musí splnit určité podmínky, mezi které patří hmotnost. Pokud sajdkára nepřevyšuje hmotnost motocyklu o 60% může se připojit i k slabším motocyklům.

## **1.2. Rozdělení**

Rozdělení sajdkár je dost obtížnou záležitostí, než jak by si většina lidí myslela. Sajdkáry se dají rozdělit do dvou skupin, a to podle podvozků a karoserií. Tyto skupiny se dále dělí do níže uvedených kategorií.

### **1.2.1. Rozdělení podle podvozků**

- Levostranný, pravostranný
- Odpružený, neodpružený
- Pevný, naklápěcí podvozek
- S poháněným kolem sajdkáry, bez pohonu
- Brzděný, nebrzděný
- Kolo vedle karoserie, pod karoserií
- Odpojitelný, neodpojitelný podvozek
- Podvozek s jedním kolem, se dvěma koly
- Podvozek s řízeným kolem, s neřízeným kolem
- Podvozek s daným počtem spojů
  - 2
  - 3
  - 4 a více
- Připojení podvozku
  - Pevné
  - Polopružné
  - Pružné

## **Popis jednotlivých rozdělení podle podvozků týkající se provedení u kol**

- **Levostranný, pravostranný podvozek**

Jako u aut, tak i u sajdkár záleží na druhu provozu. Pokud se jedná o provoz pravostranný, tedy provoz ve větší části světa, je provedení podvozku sajdkáry na pravé straně od řidiče. V opačném případě je podvozek zrcadlově obrácen.

V historii se výrobci sajdkár snažili, z důvodu snížení výrobních nákladů, vyrobit oboustranné připojení sajdkáry, pro vývoz do zemí s opačným druhem provozu. Ovšem ne v každém výrobním řešení bylo toto uskutečněno. Pokud byl podvozek ukotven také k blatníku, nebylo možné toto oboustranné použití.



*Obrázek 3 - Provedení pravostranné sajdkáry*



*Obrázek 4 - Provedení levostranné sajdkáry*

- **Odpružený, neodpružený podvozek**

Neodpružený podvozek se objevoval jen u prvotních strojů. Tvrdost podvozku v kombinaci se špatnou kvalitou cest způsobovalo nepohodlí při jízdě. Neodpružený podvozek také nedisponoval příliš dobrými jízdními vlastnostmi.

Pro zlepšení pohodlí byly zkonstruovány odpružené podvozky. Prvním konstrukčním provedením bylo uchycení karoserie k pomocnému rámu a ten byl odpružen listovými pery. Ovšem tato konstrukce nebyla stále jízdně optimální, kvůli velkým neodpruženým hmotám. Postupným vylepšováním konstrukce bylo dosaženo odpruženého kola pomocí tlumiče pérování. Tímto způsobem odpružení byly zásadně zlepšeny také jízdní vlastnosti sajdkáry.

### **Kombinace konstrukčních řešení odpružených a neodpružených hmot**

- 1) kolo neodpružené, kolo sajdkáru neodpružené
- 2) kolo odpružené, kolo sajdkáru neodpružené
- 3) kolo neodpružené, kolo sajdkáru odpružené
- 4) kolo odpružené, kolo sajdkáru odpružené

- **Odpojitelný, neodpojitelný podvozek**

Odpojitelnost sajdkáry jsem považoval za samozřejmost. Ovšem poslední typy karoserie tuto funkci vůbec neumožňují. Odpojitelnost sajdkáry umožňovala výrobu úplně v odlišné firmě, která se tímto směrem specializovala. Odpojitelnost také byla často využívána v domácnostech. Při jízdě do práce byla motorka použita jako „solo“ a při víkendových výletech zase jako dopravní prostředek pro více osob.

Neodpojitelný podvozek se objevil u prvních návrhů (obrázek 5). Z důvodu, že spolu jezdec tvořil nárazovou plochu byl návrh ihned zamítnut. Později až u luxusnějších karosérií sajdkár pro více osob, kdy v karosérii sajdkáry byl uložen chladič oleje nebo akumulátor byl návrh podpořen. Odpojitelnosti také zabráňovalo řešení diferenciálu.



*Obrázek 5 - Typ neodpojitelné sajdkáry*

### **1.2.2. Rozdělení podle karosérie**

- Taxi
- Osobní (cestovní)
  - Proutěná, dřevěná, kovová, laminátová, kombinovaná
  - Otevřená, uzavřená, kombinovaná, bez karosérie
  - Bez sedadla, jednomístná, vícemístná
- Sportovní
  - Silniční
  - Terénní
  - Soutěžní
  - Závody do vrchu
  - Šlapačková
  - Plochodrážní
  - Rekordní
  - Dálkové jízdy
- Užitková
  - Nákladní
  - Jednouúčelová
  - speciální
- Pevně spojená s rámem, odpružená od rámu
- Samostatná, společná s moto
- Vojenská



## Popis jednotlivých rozdělení podle karosérie týkající se provedení u kol

- **Osobní (cestovní) karosérie**

Karoserie osobních sajdkár se dá u provedení kol rozdělit mezi jednomístné (obrázek 6) a vícemístné karosérie (obrázek 7). U tohoto rozdělení existuje ještě karoserie jedna a půl. Vícemístná znamená, že jsou např. dvě sedadla vedle sebe nebo za sebou.

Poslední dobou se začínají objevovat čím dál tím větší zajímavosti, které se dají považovat spíše za raritu, kdy jde až o čtyřmístný sajdkár.



*Obrázek 6 - Provedení jednomístného sajdkáru*



*Obrázek 7 - Provedení vícemístného sajdkáru*

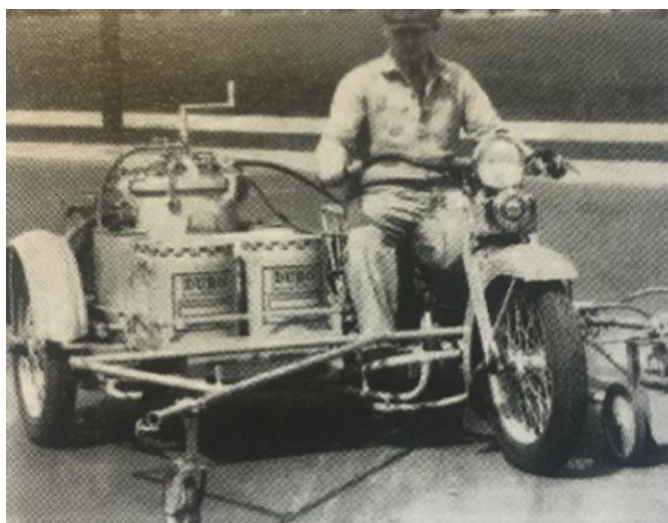
- **Užitková karosérie**

Mezi toto rozdělení se vztahuje karoserie nákladní, kde šlo jen o převoz nákladu. Karoserie byla vytvořená bez sedačky a s velkou plochou nebo taky s uzavíratelnou plochou (obrázek 8).

Dále jde o karosérii jednoúčelovou. Sajdkára byla vytvořena tzv. pro jeden účel např. policejní pro převoz zraněných. Dále také můžou být sajdkáry vytvořené pro hasičské účely nebo pro rozvoz mléka.



*Obrázek 8 - Typ nákladní karosérie*

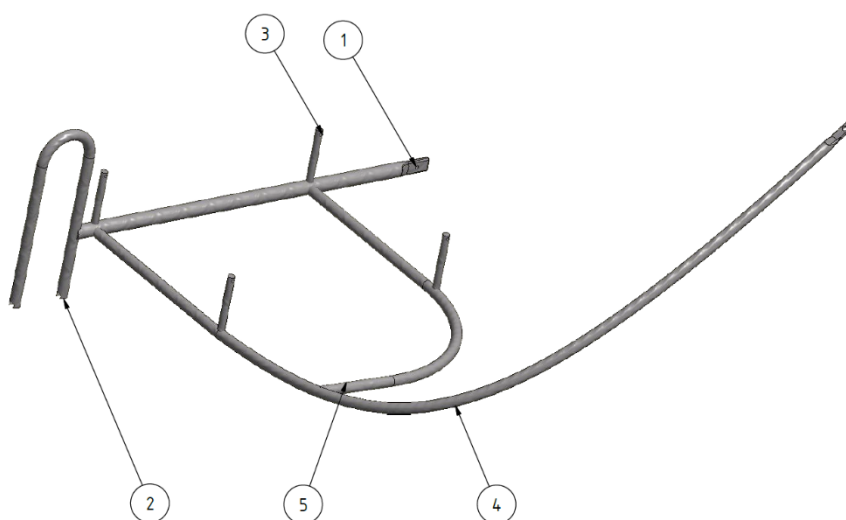


*Obrázek 9 - Typ jednoúčelové karosérie  
(provedení pro malbu čar na vozovku)*

## 2. Popis

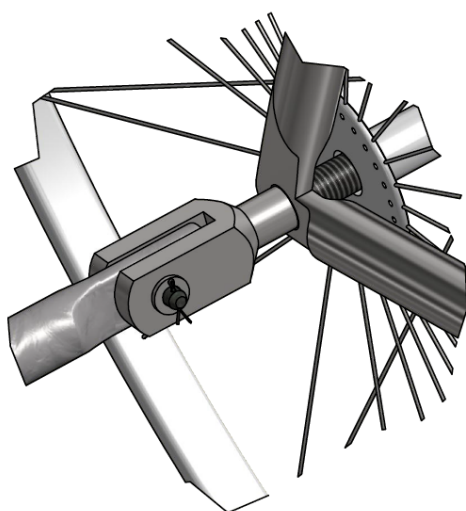
V kapitole popisu se budu zabývat popisem samostatné rámové konstrukce (svařence), popisem konečného sestavení a popisem připojení svařovaného rámu sajdkáry ke kolu.

### 2.1. Popis samostatného rámu

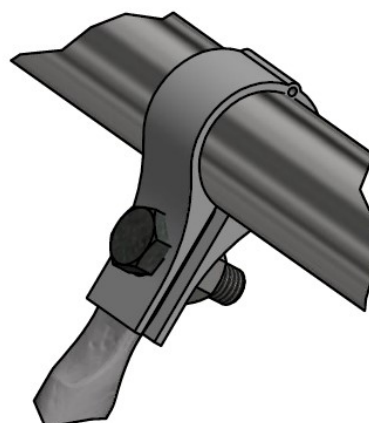


Obrázek 10 - Svařovaný rám  
(1 - Zadní nosná tyč, 2 - Rám kola sajdkáry, 3 - Čep odpružení, 4 - Vnější přípojná tyč, 5 - Vnitřní tyč)

### 2.2. Popis připojení svařovaného rámu sajdkáry

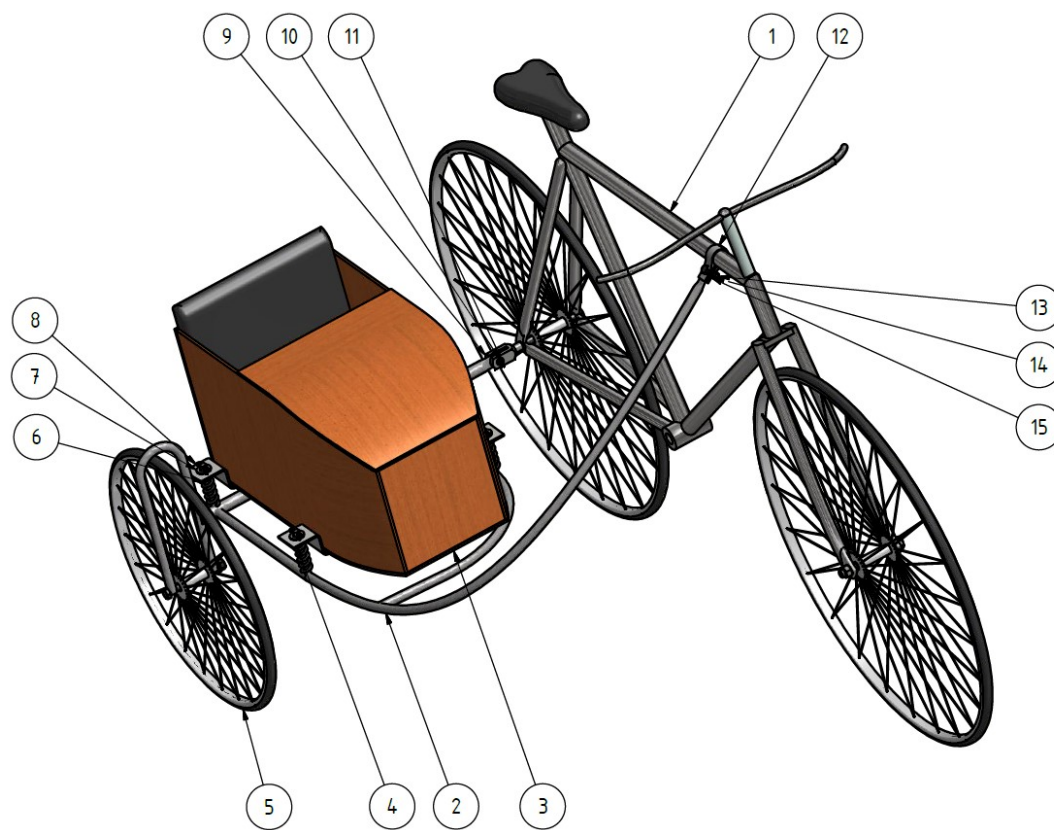


Obrázek 11 - Připojení rámu k zadní části kola pomocí vidlice, čepu, podložky a závlačky



Obrázek 12 - Připojení rámu k přední části kola pomocí objímky, šroubu, matice a podložky

### 2.3. Popis konečného sestavení



*Obrázek 13 - Konečné sestavení*

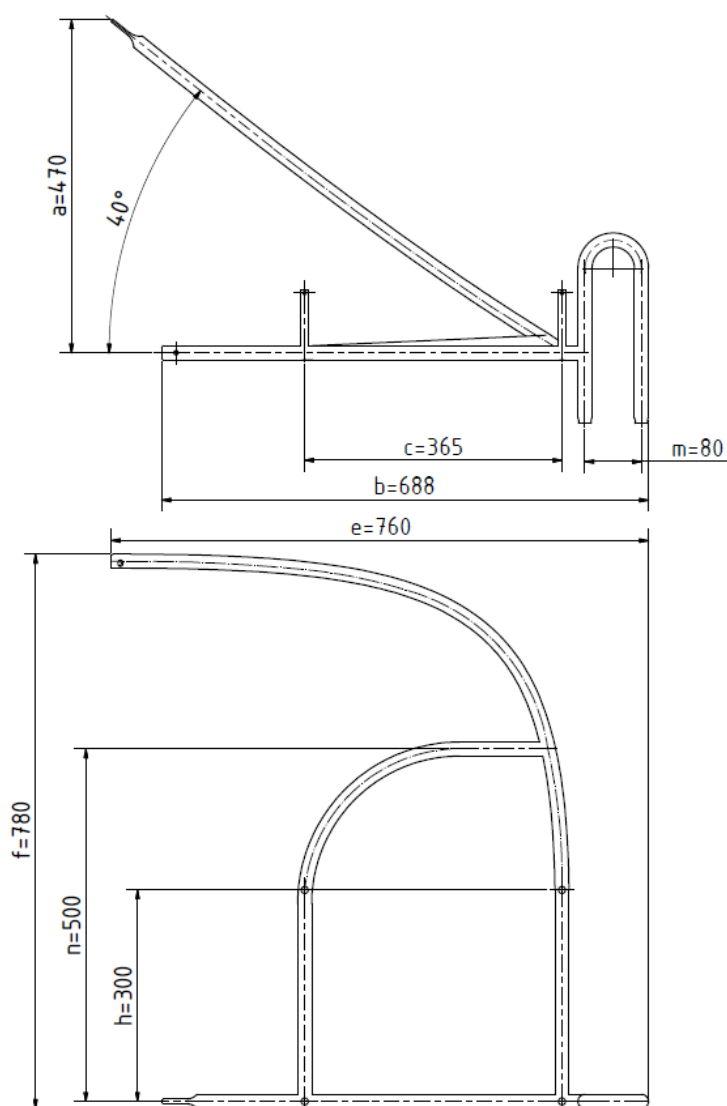
*(1 - kolo, 2 - svařovaný rám sajdkáry, 3 - sedačka, 4 - nosný plát, 5 - kolo sajdkáry, 6 - pružina, 7 - podložka, 8 - závlačka, 9 - vidlicová hlava, 10 - čep, 11- závlačka, 12 - objímka, 13 - šroub se šestihrannou hlavou, 14 – pružná podložka, 15 – šestihranná matice*

### 3. Návrh rámu

V návrhu sajdkáry jsem prvním krokem vytvořil náčrt na papír a navrhl možné uchycení rámu ke kolu. Postupně navržené části vytvořil v 3D programu Inventor [17].

#### 3.1. Geometrický návrh

Začátkem mé práce je návržení geometrie rámu sajdkáry. Vzhledem k tomu, že jsem měl zadanou jen hmotnost zatížení rámu a podmínku odnímatelnosti, odvíjely se všechny návrhy rozměrů od podkladů vedoucí práce a průběžných výpočtů.



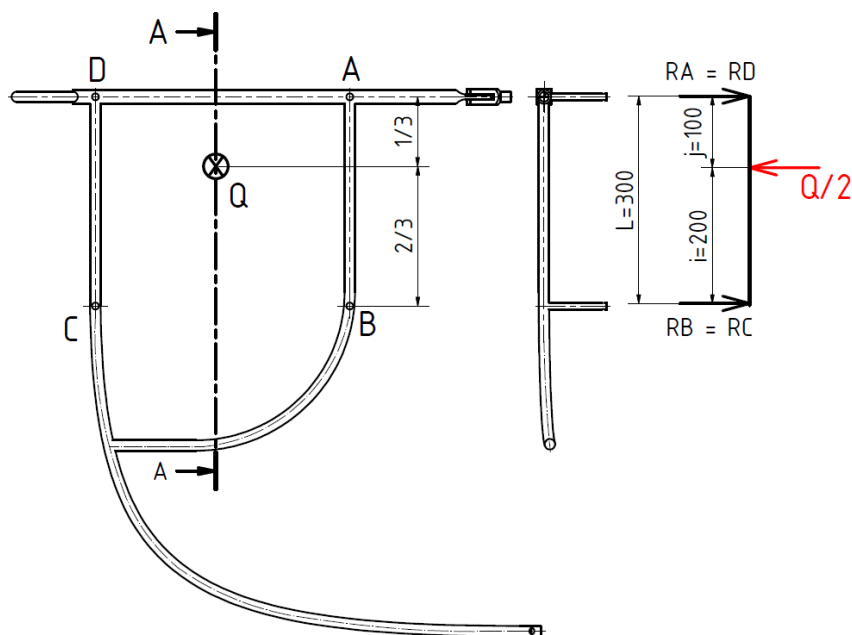
Obrázek 14 - Rozměrový návrh svařovaného rámu sajdkáry

U geometrického návrhu rámu, jsem všechny rozměry volil. Tento konečný návrh ve výpočtech kontroluji, zda vyhovuje zadaným parametrům. Celková délka  $f = 780$  mm volím podle omezení pohybu kolem při jízdě a rozměrů nosné části rámu, která má délkový rozměr  $n = 500$  mm. Dále nosná část konstrukce sajdkáry má šířku mezi čepy odpružení  $c = 365$  mm a celkovou šířku  $b = 688$  mm, kde rozměr  $m = 80$  volím podle šířky nakupovaného kola. Délková vzdálenost mezi čepy je  $h = 300$  mm.

### 3.2. Rozložení hmotnosti

Rozložení hmotnosti na rám je pro výpočet velikou potíží, jelikož váha sajdkáry a hmotnost dítěte či nákladu je během jízdy různě posouvána. Při rozjezdu či brzdění se váha přenáší více na přední část konstrukce nebo na zadní nosník. Dalším případem je průjezd zatáčkou, kdy se síly přenáší i do stran. Pro určení působení hmotnosti jsem použil stav působení těžiště uprostřed nosné části a větší část působení na zadní část konstrukce, kde dítě bude sedět.

$Q = 45$  kg (35 kg maximální váha, 10 kg karoserie sajdkáry)



Obrázek 15 - Rozložení působení hmotnosti na svařovaný rám

$$\sum M_{iA} = 0$$

$$M_{iA} = -\frac{Q}{2} \cdot j + R_B \cdot (j + i)$$

$$R_B = \frac{\frac{Q}{2} \cdot j}{j + i} = \frac{22,5 \cdot 100}{100 + 200} = 7,5 \text{ kg} \quad (3.1)$$

$$\sum F_i = 0$$

$$F_i = R_A - \frac{Q}{2} + R_B$$

$$R_A = \frac{Q}{2} - R_B = 22,5 - 7,5 = 15 \text{ kg} \quad (3.2)$$

$$\mathbf{A = D = 15 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{B = C = 7,5 \text{ kg}}$$



## 4. Výpočet pevnosti svarů

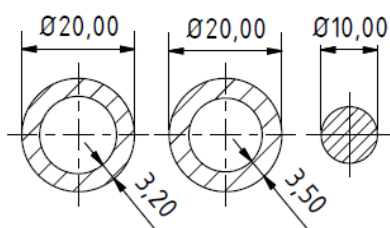
Rám sajdkáry je svařen koutovými svary. Koutové svary na tyčích stejných nebo málo rozdílných průměrů však netvoří koutový svar po celém obvodu. Na místě průměru tyče, kde jsou hrany tečné nebo jen lehce přechodné se vytvoří svar do tvaru „V“ či jakési šipky. Tento svar je zobrazen na obrázku 16. Dále na obrázku 17 lze vidět průměry tyčí a použitých na konstrukci svařovaného rámu. Trubka průměru 20 mm s tloušťkou stěny 3,2 mm a 3,5 mm je použita na rámovou konstrukci a tyče průměru 10 mm jsou použity na čepy odpružení.

Materiál svaru má shodnou pevnost se zvoleným materiálem trubek. Metoda svařování volím el. obloukem ručně.

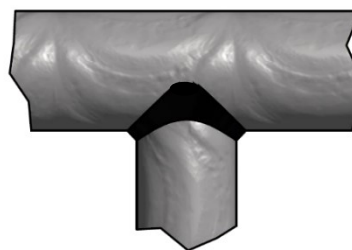
Při výpočtech volím vyšší bezpečnostní koeficient  $k = 3$  z důvodu nestálého zatížení a působení sil.

Mat. 11 523 [9]

$R_e = 355 \text{ MPa}$  [9]



Obrázek 16 - Velikosti použitých trubek a tyčí



Obrázek 17 - Vykreslení svaru

Pro výpočet dle tab. 1 zvolím převodní součinitele svarového spoje  $k_3$  a  $k_4$  pro koutové svary.

**Tab. 1. – Převodní součinitelé [2]**

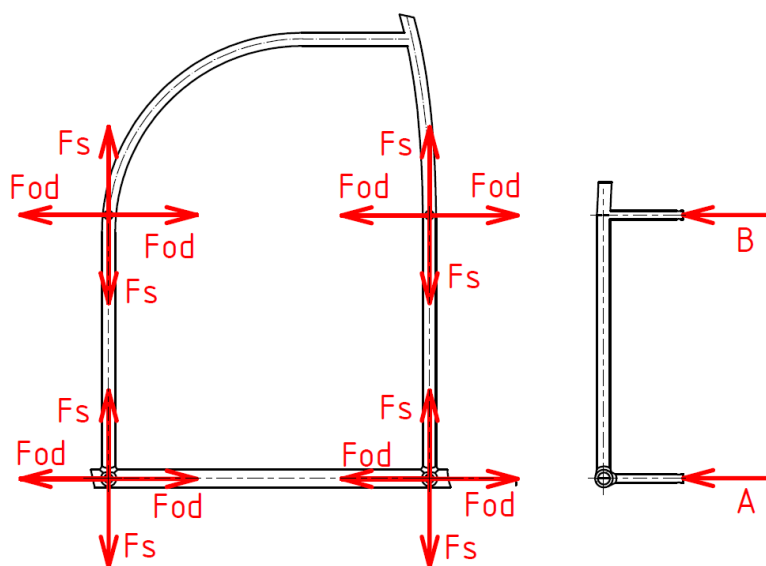
Typ svaru	I.	II.	III.
Čelní $k_3$	0,75	0,90	1,0
Boční $k_4$	0,65	0,80	0,90

- I. Pro ruční svařování el. obloukem o stejné pevnosti mat.
- II. Pro ruční svařování el. obloukem poloautomatické svařování pod tavidlem a automatické svařování.
- III. Pro automatické svařování pod tavidlem

Dle tab. 1 volím  $k_3 = 0,75$  a  $k_4 = 0,65$



## Působící síly na svary



Obrázek 18 - Působení sil na svařovaný rám

Dle obrázku 18 lze vidět působení setrvačných a odstředivých sil. Setrvačné síly působí přes čepy odpružení na rám během brzdění nebo při rozjezdu. Odstředivé či dostředivé síly působí během průjezdu zatáčkou.

Pro výpočet velikosti setrvačné síly dle vzorce (4.2) a (4.3) musím znát působící hmotnost a zrychlení. Hodnoty zrychlení záporné a kladné byly experimentálně zjištěny. Pro výpočet použiji maximální hodnotu, která může nastat. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 2 a tab. 3. Zrychlení uvedené v tabulkách jsou průměry naměřených dat určité kategorie.

**Tab. 2 - naměřené hodnoty rozjezdu (průměrné hodnoty) [7]**

kategorie	Zrychlení (m/s)
6-14 let	0,9
15-25 let	0,9
26-50 let	0,95
51-65 let	0,60
66 a více	0,37

**Tab. 3 - naměřené hodnoty brzdění (sucho) [7]**

kategorie	Záporné zrychlení (m/s)
Pánské jízdní kolo	2,5 ÷ 4
Dámské jízdní kolo	2,5 ÷ 3,8
Dětské jízdní kolo	4,2 ÷ 5,0
Sportovní jízdní kolo	4,5 ÷ 5,5

### Odstředivá síla

$$F_{od} = \frac{Q \cdot v^2}{r} = \frac{45 \cdot 6,94^2}{25} = 86,7 \text{ N} \quad (4.1)$$

Q...hmotnost

v...rychlost (25 km/h)

r...poloměr zatáčení (volený rozměr)

### Rozjezd

$$F_s = Q \cdot a_r = 45 \cdot 0,95 = 42,75 \text{ N} \quad (4.2)$$

Q...hmotnost

a<sub>r</sub>...zrychlení

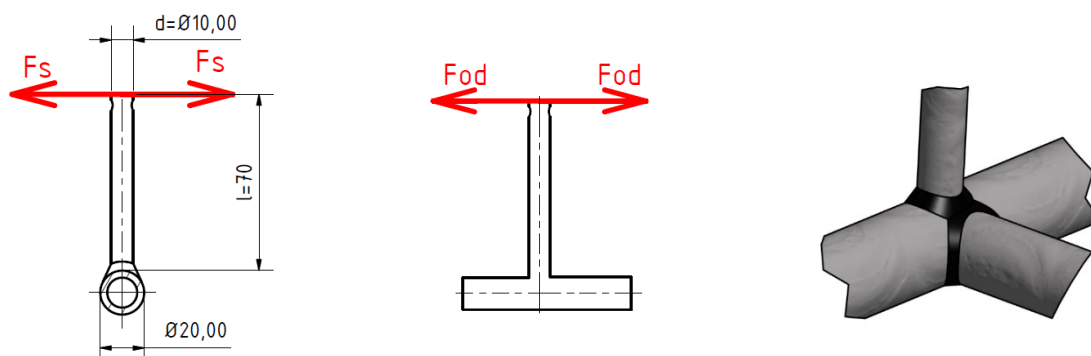
### Brzdění

$$F_s = Q \cdot a_b = 45 \cdot 5,5 = 247,5 \text{ N} \quad (4.3)$$

Q...hmotnost

a<sub>b</sub>...záporné zrychlení

## 4.1. Svar čepu odpružení



*Obrázek 19 - Působení sil na svar čepu odpružení*

Jelikož se setrvační a odstředivé síly přenáší všemi odpruženými čepy najednou, rozdělím síly do všech čtyř čepů, a tedy podělím tyto síly čtyřma.

### Smyk

$$\tau_{\perp}^{Fs} = \frac{\frac{F_s}{4}}{S_{sv}} = \frac{\frac{247,5}{4}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{61,9}{\frac{\pi}{4} \cdot ((10 + 2 \cdot 2)^2 - 10^2)} = 0,8 \text{ MPa} \quad (4.4)$$

$$\tau_{\perp}^{Fod} = \frac{\frac{F_{od}}{4}}{S_{sv}} = \frac{\frac{86,7}{4}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{21,7}{\frac{\pi}{4} \cdot ((10 + 2 \cdot 2)^2 - 10^2)} = 0,3 \text{ MPa} \quad (4.5)$$

### Ohyb

$$\tau_{\perp}^{Mo} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{\frac{F_s}{4} \cdot l}{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)}{\frac{d}{2} + a_s}} = \frac{61,9 \cdot 70}{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot ((10 + 2 \cdot 2)^4 - 10^4)}{\frac{10}{2} + 2}} = 21,7 \text{ MPa} \quad (4.6)$$

$$\tau_{\perp}^{Mo} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{\frac{F_{od}}{4} \cdot l}{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)}{\frac{d}{2} + a_s}} = \frac{21,7 \cdot 70}{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot ((10 + 2 \cdot 2)^4 - 10^4)}{\frac{10}{2} + 2}} = 7,6 \text{ MPa} \quad (4.7)$$

### Kontrola pevnosti svaru

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{\perp}^{Mo}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\perp}^F}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

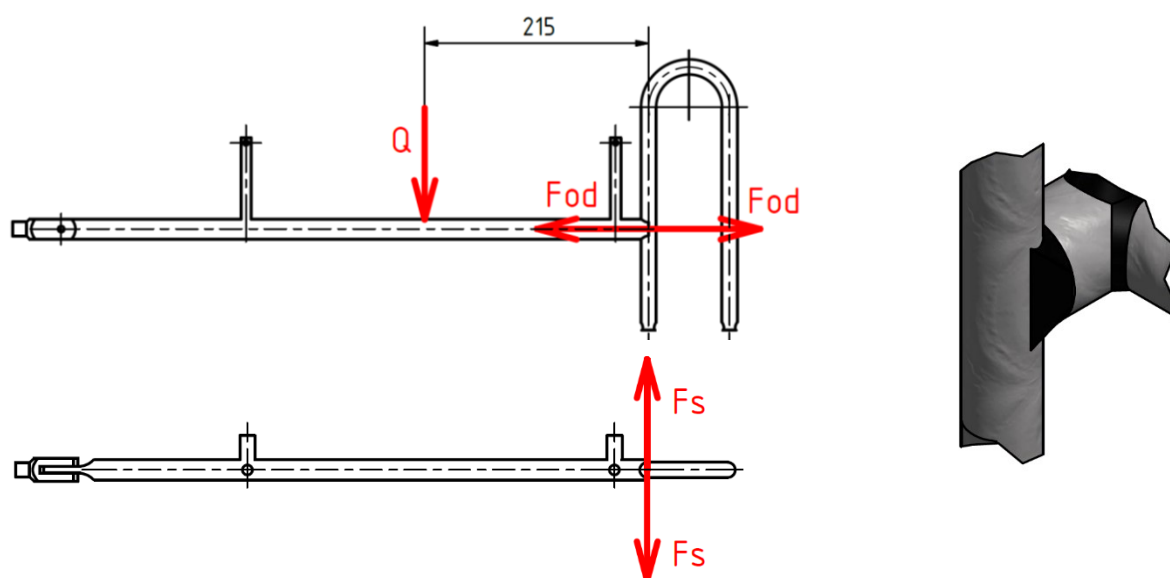
$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot a_s \cdot \sqrt{2} = 1,3 - 0,03 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} = 1,22 \quad (4.8)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{21,7 + 7,6}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{0,8 + 0,3}{0,75}\right)^2} \leq 1,22 \cdot \frac{355}{3} \quad (4.9)$$

$$\sigma_{RED} = 39,1 \leq 144,4 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 4.2. Svar zadní nosné tyče a rámu kola sajdkáry

U svaru zadní tyče a kola sajdkáry počítám svar jako koutový po obvodě trubky. Ovšem z důvodu vsazení tyče do vybroušeného oblouku nedojde k úplnému obvodovému svaru. Na bocích trubky se vytvoří rovný, a nikoliv zaoblený svar a ten se napojí na koutový po obvodě trubky.



Obrázek 20 - Působení sil na svar zadní tyče a rámu kola sajdkáry

### Smyk

$$\tau_{\perp}^{Fs} = \frac{F_s}{S_{sv}} = \frac{247,5}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{247,5}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 1,1 \text{ MPa} \quad (4.10)$$

$$\tau_{\perp}^{Fod} = \frac{F_{od}}{S_{sv}} = \frac{86,7}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{86,7}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 0,4 \text{ MPa} \quad (4.11)$$

### Ohyb

$$\tau_{\perp}^{Mo} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{Q \cdot g \cdot 215}{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)} = \frac{45 \cdot 9,81 \cdot 215}{\frac{\pi}{64} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)} = 84,6 \text{ MPa} \quad (4.12)$$

$$\frac{\frac{d}{2} + a_s}{\frac{20}{2} + 3}$$

### Kontrola pevnosti svaru

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{\perp}^{Mo}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\perp}^F}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

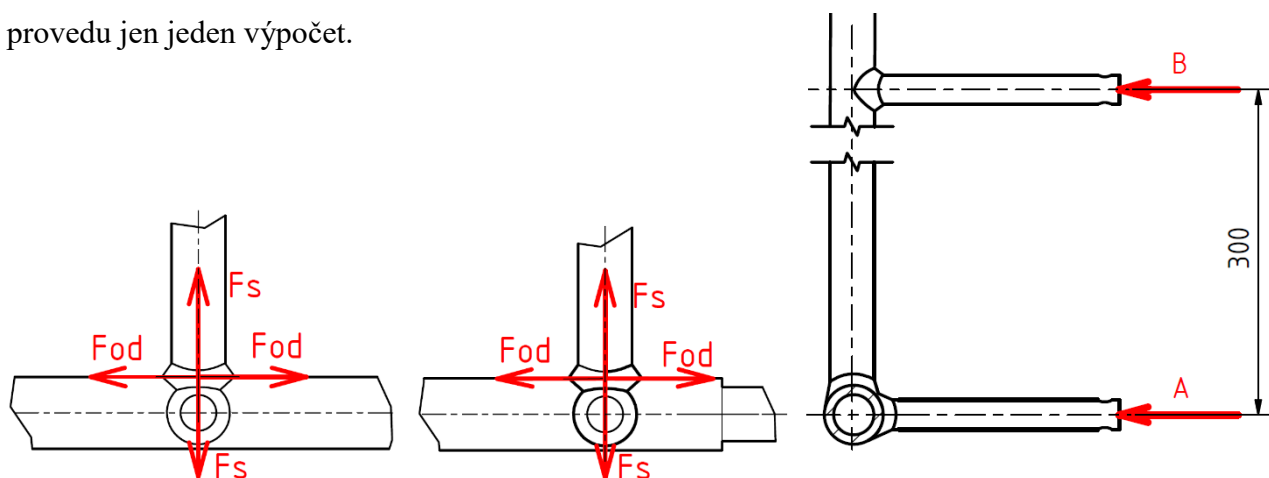
$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot a_s \cdot \sqrt{2} = 1,3 - 0,03 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 1,17 \quad (4.13)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{84,6}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{1,1 + 0,4}{0,75}\right)^2} \leq 1,17 \cdot \frac{355}{3} \quad (4.14)$$

$$\sigma_{RED} = 112,8 \leq 138,5 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 4.3. Svar zadní nosné tyče s vnější přípojnou tyčí a vnitřní tyčí

Pro výpočet svarů na zadní nosné tyči podělím všechny působící síly dvěma z důvodu dvou svarů. Svary na obou tyčích uchycených na zadním nosné tyči jsou shodné, a proto provedu jen jeden výpočet.



Obrázek 21 - Působení sil na svar zadní nosné tyče a k ní svařené vnitřní tyče a vnější přípojnou tyče

#### Smyk

$$\tau_{\perp}^{F_s} = \frac{\frac{F_s}{2}}{S_{sv}} = \frac{\frac{247,5}{2}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{123,75}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 0,6 \text{ MPa} \quad (4.15)$$

$$\tau_{\perp}^{F_{od}} = \frac{\frac{F_{od}}{2}}{S_{sv}} = \frac{\frac{86,7}{2}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{43,35}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 0,2 \text{ MPa} \quad (4.16)$$

$$\tau_{\perp}^A = \frac{A}{S_{sv}} = \frac{A \cdot g}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{15 \cdot 9,81}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 0,7 \text{ MPa} \quad (4.17)$$

#### Ohyb

$$\tau_{\perp}^{M_o} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{\frac{B \cdot g \cdot 300}{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)}}{\frac{d}{2} + a_s} = \frac{\frac{7,5 \cdot 9,81 \cdot 300}{\frac{\pi}{64} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)}}{\frac{20}{2} + 3} = 19,7 \text{ MPa} \quad (4.18)$$

$$\tau_{\perp}^{Mo} = \frac{M_o}{W_{Osv}} = \frac{F_{od} \cdot 300}{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)} = \frac{86,7 \cdot 300}{\frac{\pi}{64} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)} = 23,2 \text{ MPa} \quad (4.19)$$

#### **Kontrola pevnosti svaru**

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{\perp}^{Mo}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\perp}^F}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

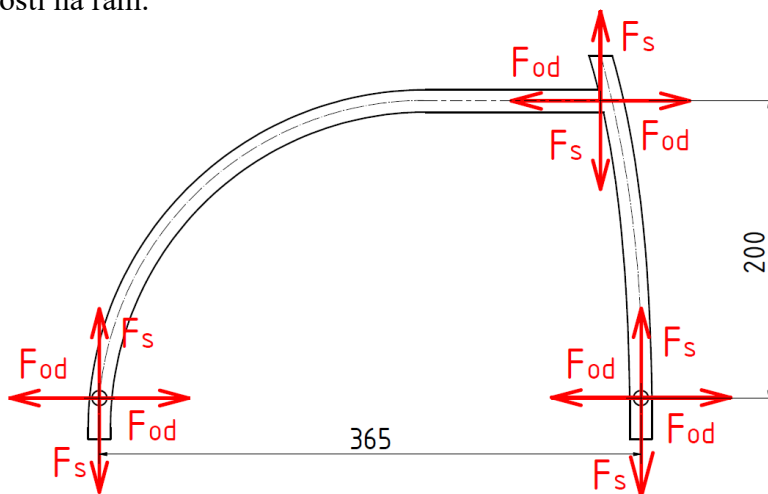
$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot a_s \cdot \sqrt{2} = 1,3 - 0,03 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 1,17 \quad (4.20)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{19,7 + 23,2}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{0,6 + 0,2 + 0,8}{0,75}\right)^2} \leq 1,17 \cdot \frac{355}{3} \quad (4.21)$$

$$\sigma_{RED} = 57,2 \leq 138,5 \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

#### **4.4. Svar vnější přípojný tyče a vnitřní tyče**

Pro výpočet tohoto svaru nechám síly nedělené. Síly se v tomto svaru žádným způsobem nerozdělují ani do více míst nebo více částí konstrukce. Je to jeden z nejvíce namáhaných svarů. Při výpočtu vycházím z obrázku 22 a obrázku 15 kapitoly 3.2. označení působení hmotnosti na rám.



Obrázek 22 - Působení sil na svar vnější přípojný tyče a vnitřní tyče

#### **Smyk**

$$\tau_{\perp}^{Fs} = \frac{F_s}{S_{sv}} = \frac{F_s}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{247,5}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 1,1 \text{ MPa} \quad (4.22)$$

$$\tau_{\perp}^{Fod} = \frac{F_{od}}{S_{sv}} = \frac{F_{od}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^2 - d^2)} = \frac{86,7}{\frac{\pi}{4} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^2 - 20^2)} = 0,4 \text{ MPa} \quad (4.23)$$

### Ohyb

$$\tau_{\perp}^{M_o} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{B \cdot g \cdot 365}{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)} = \frac{7,5 \cdot 9,81 \cdot 365}{\frac{\pi}{64} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)} = 23,9 \text{ MPa} \quad (4.24)$$

$$\tau_{\parallel}^{M_k} = \frac{M_k}{W_{ksv}} = \frac{C \cdot g \cdot 200}{\frac{\pi}{32} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)} = \frac{7,5 \cdot 9,81 \cdot 200}{\frac{\pi}{32} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)} = 6,6 \text{ MPa} \quad (4.25)$$

$$\tau_{\perp}^{M_o} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{\frac{F_s}{4} \cdot 365}{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)} = \frac{61,9 \cdot 365}{\frac{\pi}{64} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)} = 20,1 \text{ MPa} \quad (4.26)$$

$$\tau_{\parallel}^{M_o} = \frac{M_o}{W_{osv}} = \frac{\frac{F_{od}}{4} \cdot 200}{\frac{\pi}{64} \cdot ((d + 2 \cdot a_s)^4 - d^4)} = \frac{21,7 \cdot 200}{\frac{\pi}{64} \cdot ((20 + 2 \cdot 3)^4 - 20^4)} = 3,9 \text{ MPa} \quad (4.27)$$

### Kontrola pevnosti svaru

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{\perp}^{M_o}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\parallel}^{M_k}}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\perp}^F}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot a_s \cdot \sqrt{2} = 1,3 - 0,03 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 1,17 \quad (4.28)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\left(\frac{23,9 + 20,1 + 3,9}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{6,6}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{1,1 + 0,4}{0,75}\right)^2} \leq 1,17 \cdot \frac{355}{3} \quad (4.29)$$

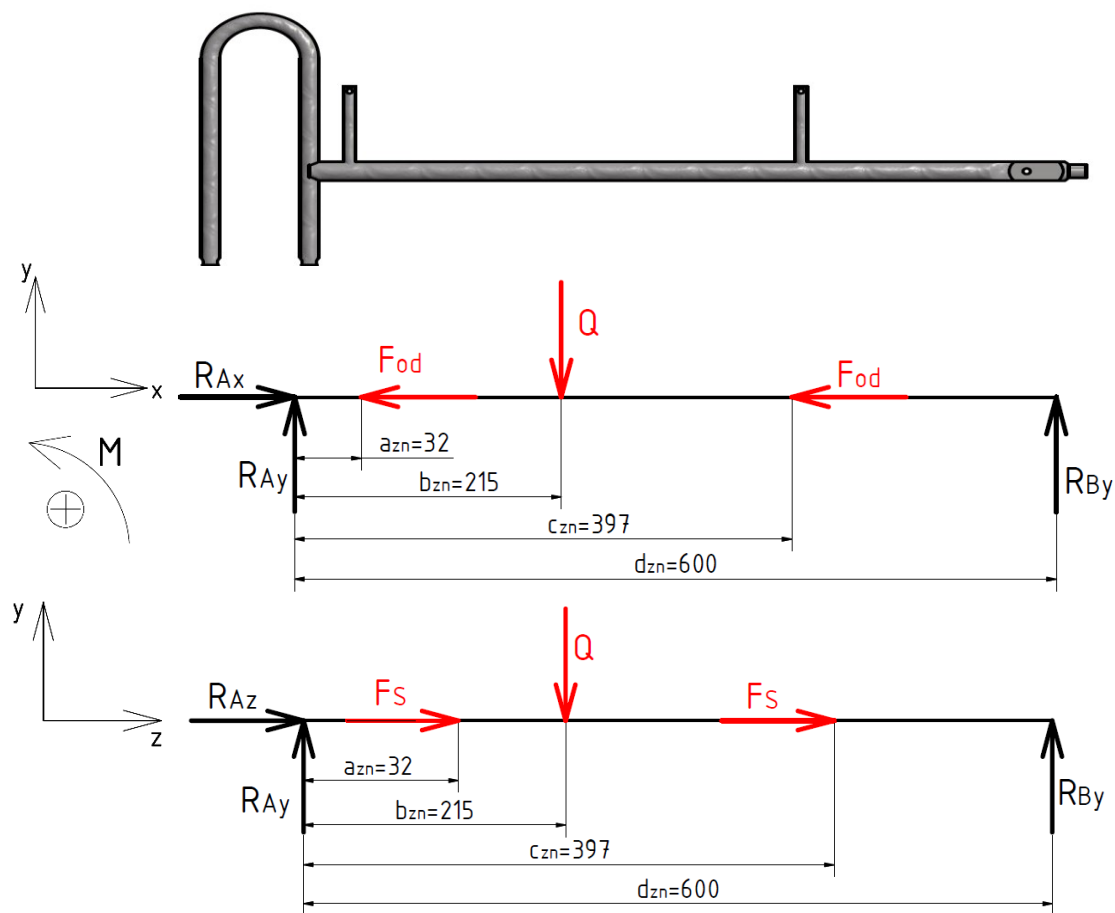
$$\sigma_{RED} = 64,7 \leq 138,5 \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

## 5. Kontrola ohybového napětí

Kontrolu ohybového napětí provádím na každé tyči.

### 5.1. Zadní nosná tyč

Zadní nosná tyč je nejvíce namáhaná, jelikož tato tyč nese někdy i celou váhu, kterou je rám zatěžován. Trubku zkontroluji na maximální možné zatížení, které může nastat.



Obrázek 23 - Rozbor sil na zadní nosné tyči

**Rovnice rovnováhy**

$$\sum M_{iA} = -Q \cdot b_{zn} + R_{By} \cdot d_{zn}$$

$$R_{By} = \frac{Q \cdot b_{zn}}{d_{zn}} = \frac{45 \cdot 9,81 \cdot 215}{600} = 158,2 \text{ N} \quad (5.1)$$

$$\sum F_{iy} = R_{Ay} - Q + R_{By}$$

$$R_{Ay} = Q - R_{By} = 45 \cdot 9,81 - 158,2 = 283,2 \text{ N} \quad (5.2)$$



$$\sum F_{ix} = R_{Ax} - \frac{F_{od}}{4} - \frac{F_{od}}{4}$$

$$R_{Ax} = \frac{F_{od}}{4} + \frac{F_{od}}{4} = 21,7 + 21,7 = 43,4 \text{ N} \quad (5.3)$$

$$\sum F_{iz} = R_{Az} + \frac{F_S}{4} + \frac{F_S}{4}$$

$$R_{Az} = -\frac{F_S}{4} - \frac{F_S}{4} = -61,9 - 61,9 = -123,8 \text{ N} \quad (5.4)$$

### Kontrola ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{R_e}{k} = \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{60\,888}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{60\,888}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{20^4 - 13,6^4}{20}} = 98,6 \text{ MPa} \quad (5.5)$$

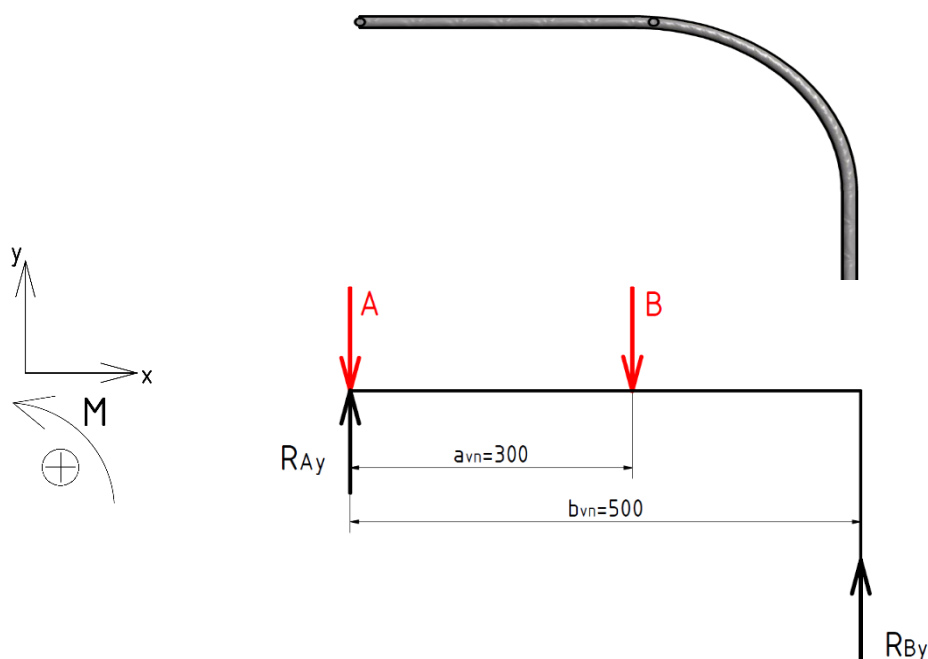
$$M_{omax} = R_{Ay} \cdot b_{zn} = 283,2 \cdot 215 = 60\,888 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.6)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{355}{3} = 118,3 \text{ MPa} \quad (5.7)$$

$$\sigma_o = 98,6 \leq 118,3 = \sigma_{dov} \quad \Rightarrow \quad \textbf{VYHOVUJE} \quad (5.8)$$

## 5.2. Vnitřní tyč

U vnitřní tyče provedu statický výpočet jen zatěžující síly vyvozené tíhou dítěte se sajdkárou. Setrvační a odstředivé síly mají na ohybové napětí zanedbatelné účinky. Velikosti sil A, B jsou vypočteny v kapitole 3.2. (3.1) a (3.2).



Obrázek 24 - Rozbor sil na vnitřní tyči

### Rovnice rovnováhy

$$\sum M_{iB} = B \cdot (b_{vn} - a_{vn}) + A \cdot b_{vn} - R_{Ay} \cdot b_{vn}$$

$$R_{Ay} = \frac{B \cdot (b_{vn} - a_{vn}) + A \cdot b_{vn}}{b_{vn}} = \frac{7,5 \cdot 9,81 \cdot 200 + 15 \cdot 9,81 \cdot 500}{500} = 176,6 \text{ N} \quad (5.9)$$

$$\sum F_{iy} = R_{Ay} - A - B + R_{By}$$

$$R_{By} = -R_{Ay} + A + B = -176,6 + 15 \cdot 9,81 + 7,5 \cdot 9,81 = 44,1 \text{ N} \quad (5.10)$$

### Kontrola ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{R_e}{k} = \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{8\,835}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{8\,835}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{20^4 - 13,6^4}{20}} = 14,3 \text{ MPa} \quad (5.11)$$

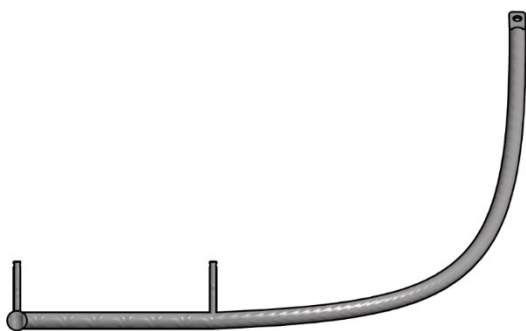
$$M_{omax} = R_{Ay} \cdot a_{vn} - A \cdot a_{vn} = 176,6 \cdot 300 - 15 \cdot 9,81 \cdot 300 = 8\,835 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.12)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 118,3 \text{ MPa} \quad (5.13)$$

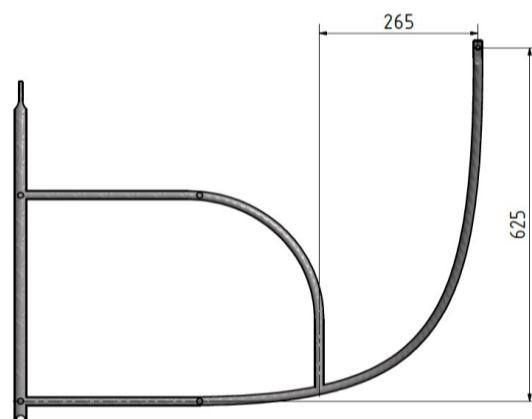
$$\sigma_o = 14,3 \leq 118,3 = \sigma_{dov} \quad \Rightarrow \quad \textbf{VYHOVUJE} \quad (5.14)$$

### 5.3. Vnější přípojná tyč

Pro zjednodušení výpočtu rozložím tyč na 2 statické úlohy. První úloha je výpočet s rozborem sil na část tyče pod karoserií sajdkáry. Jedná se o část od zadní nosné tyče ke svaru s vnitřní tyčí. Druhá obsahuje výpočet přední části uchycené k rámu. U výpočtu přední části tyče, která je modelovaná ve všech směrech (x;y;z), provedu kontrolu na ohyb jen v ose x. V této ose působí síla na největším rameni a dochází k největšímu namáhání. Dle obrázku 26 lze vidět, že jde o směr kolmý od rámu kola.

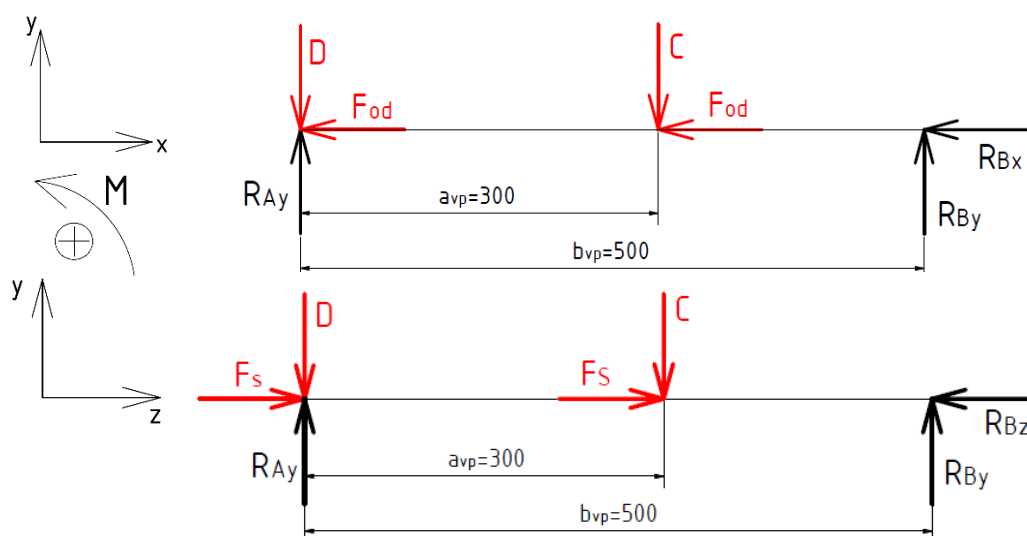


Obrázek 25 - Vnější přípojná tyč



Obrázek 26 - Vyznačení vzdáleností působení sil na vnější přípojně tyči

## 1. úloha



Obrázek 27 - Rozbor sil na vnější přípojné tyči - zadní část

### Rovnice rovnováhy

$$\sum M_{iA} = -C \cdot a_{vp} + R_{By} \cdot b_{vp}$$

$$R_{By} = \frac{C \cdot a_{vp}}{b_{vp}} = \frac{7,5 \cdot 9,81 \cdot 300}{500} = 44,1 \text{ N} \quad (5.15)$$

$$\sum F_{iy} = R_{Ay} - D - C + R_{By}$$

$$R_{Ay} = D + C - R_{By} = 15 \cdot 9,81 + 7,5 \cdot 9,81 - 44,1 = 176,6 \text{ N} \quad (5.16)$$

$$\sum F_{ix} = -R_{Bx} - \frac{F_{od}}{4} - \frac{F_{od}}{4}$$

$$R_{Bx} = -\frac{F_{od}}{4} - \frac{F_{od}}{4} = -21,7 - 21,7 = -43,4 \text{ N} \quad (5.17)$$

$$\sum F_{iz} = -R_{Bz} + \frac{F_S}{4} + \frac{F_S}{4}$$

$$R_{Bz} = \frac{F_S}{4} + \frac{F_S}{4} = 61,9 + 61,9 = 123,8 \text{ N} \quad (5.18)$$

### Kontrola ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{R_e}{k} = \sigma_{dov}$$

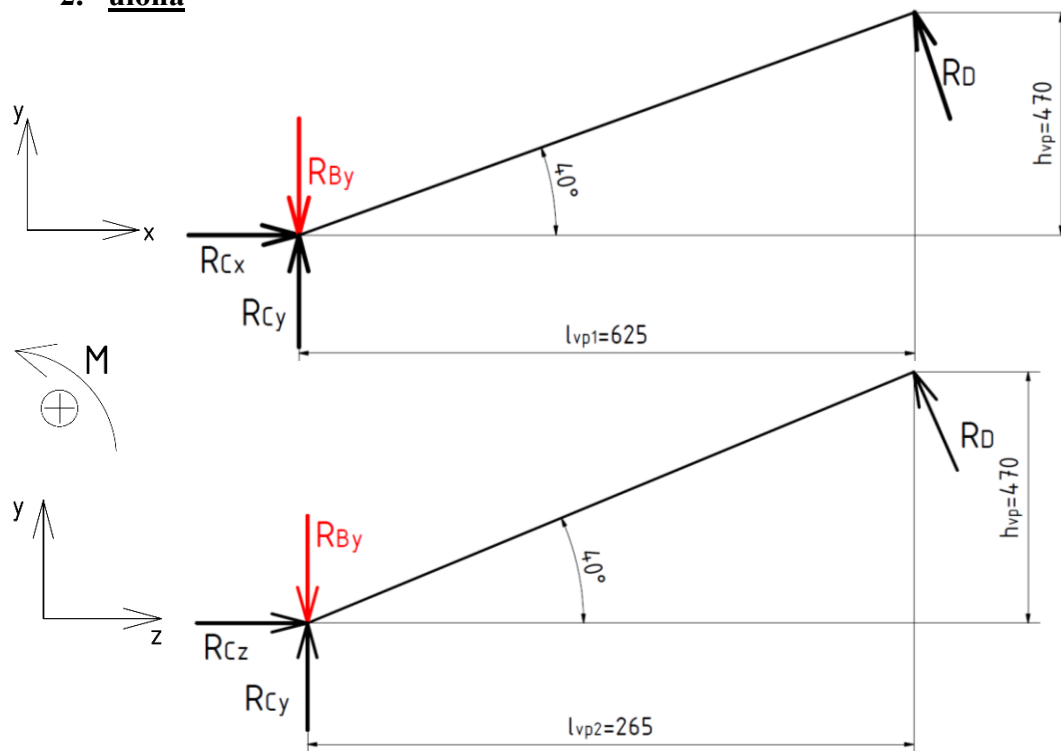
$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{8\,835}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{8\,835}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{20^4 - 13,6^4}{20}} = 14,3 \text{ MPa} \quad (5.19)$$

$$M_{omax} = R_{Ay} \cdot a_{vp} - D \cdot a_{vp} = 176,6 \cdot 300 - 15 \cdot 9,81 \cdot 300 = 8\,835 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.20)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{355}{3} = 118,3 \text{ MPa} \quad (5.21)$$

$$\sigma_o = 14,3 \leq 118,3 = \sigma_{dov} \Rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (5.22)$$

## 2. úloha



Obrázek 28 - Rozbor sil na vnější přípojné tyči - přední část

$$R_{By} = 44,1 \text{ N}; R_{Ay} = 176,6 \text{ N}; -R_{Bx} = R_{Cx} = 43,4 \text{ N}; R_{Bz} = R_{Cz} = 123,8 \text{ N};$$

### Rovnice rovnováhy 2. úlohy

$$\sum M_{iDx} = -R_{Cy} \cdot l_{vp1} + R_{By} \cdot l_{vp1} + R_{Bx} \cdot h_{vp}$$

$$R_{Cy} = \frac{R_{By} \cdot l_{vp1} + R_{Bx} \cdot h_{vp}}{l_{vp1}} = \frac{44,1 \cdot 625 + 43,4 \cdot 470}{625} = 76,7 \text{ N} \quad (5.23)$$

$$\sum F_{iy} = R_{Cy} + R_{Dy} \cdot \cos 40^\circ - R_{By}$$

$$R_{Dy} = \frac{R_{By} - R_{Cy}}{\cos 40^\circ} = \frac{44,1 - 76,7}{\cos 40^\circ} = -42,6 \text{ N} \quad (5.24)$$

$$\sum F_{ix} = -R_{Dx} \cdot \sin 40^\circ + R_{Cx}$$

$$R_{Dx} = \frac{R_{Cx}}{\sin 40^\circ} = \frac{43,4}{\sin 40^\circ} = 67,5 \text{ N} \quad (5.25)$$

$$\sum F_{iz} = -R_{Dz} + R_{Cz}$$

$$R_{Dz} = R_{Bz} = 123,8 \text{ N} \quad (5.26)$$

### Kontrola ohybu 1. a 2. úlohy (celá tyč)

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{R_e}{k} = \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{10}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{10}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{20^4 - 13^4}{20}} = 0,1 \text{ MPa} \quad (5.27)$$

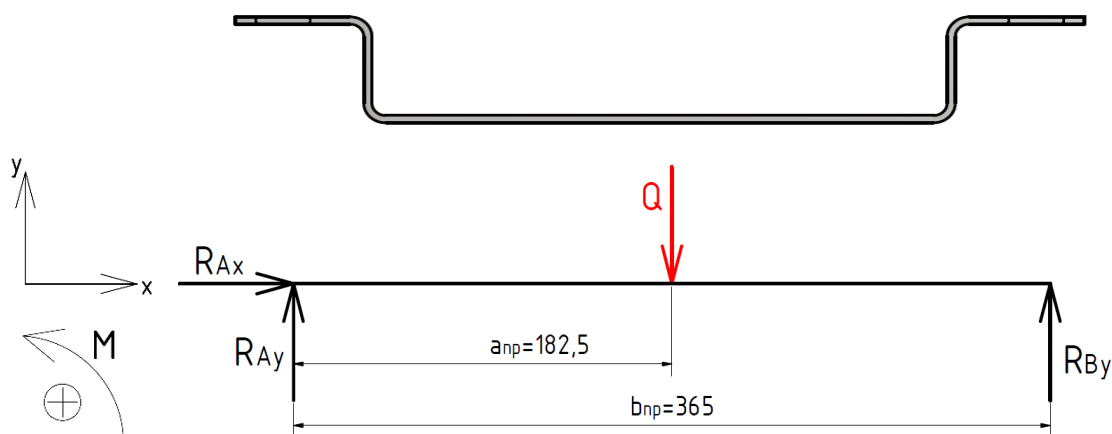
$$\begin{aligned} M_{omax} &= R_{Ay} \cdot b_{vp} - D \cdot b_{vp} - C \cdot (b_{vp} - a_{vp}) \\ &= 176,6 \cdot 500 - 15 \cdot 9,81 \cdot 500 - 7,5 \cdot 9,81 \cdot 200 = 10 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{355}{3} = 118,3 \text{ MPa} \quad (5.29)$$

$$\sigma_o = 0,1 \leq 118,3 = \sigma_{dov} \quad \Rightarrow \quad \textbf{VYHOVUJE} \quad (5.30)$$

### 5.4. Ohyb nosného plátu

U kontroly nosného plátu provádím kontrolu při zatížení maximální váhou v ustáleném stavu. Odstředivé a setvační síly jsou na tento komponent zanedbatelné.

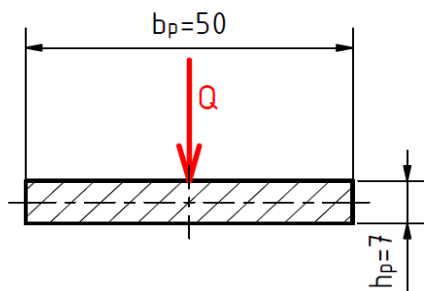


Obrázek 29 - Rozbor sil na nosném plátu

#### Rovnice rovnováhy

$$\begin{aligned} \sum M_{iA} &= -Q \cdot a_{np} + R_{By} \cdot b_{np} \\ R_{By} &= \frac{Q \cdot a_{np}}{b_{np}} = \frac{45 \cdot 9,81 \cdot 182,5}{365} = 220,7 \text{ N} \end{aligned} \quad (5.31)$$

$$\begin{aligned} \sum F_{iy} &= R_{Ay} - Q + R_{By} \\ R_{Ay} &= Q - R_{By} = 45 \cdot 9,81 - 220,7 = 220,7 \text{ N} \end{aligned} \quad (5.32)$$



Obrázek 30 - Průřez nosného plátu

### Kontrola ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{R_e}{k} = \sigma_{dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{40\,277,7}{\frac{b_p \cdot h_p^2}{6}} = \frac{40\,277,7}{\frac{50 \cdot 7^2}{6}} = 98,6 \text{ MPa} \quad (5.33)$$

$$M_{omax} = R_{Ay} \cdot a_{np} = 220,7 \cdot 182,5 = 40\,277,7 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.34)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{355}{3} = 118,3 \text{ MPa} \quad (5.35)$$

$$\sigma_o = 98,6 \leq 118,3 = \sigma_{dov} \quad \Rightarrow \quad \textbf{VYHOVUJE} \quad (5.36)$$

## 6. Kontrola šroubu

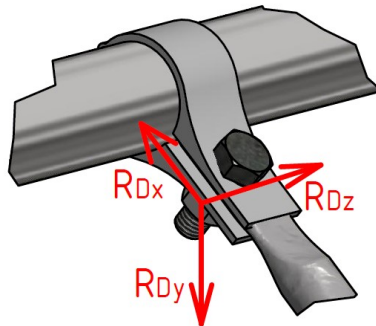
Šroub volím v místě předního spoje a tím umožňuje odpojení a připojení. Pro uchycení objímky volím šroub M8 4.8.

Dle skript volím součinitel tření mezi plechy (ocel-ocel)  $\rightarrow f_s = 0,15$  [2]

součinitel bezpečnosti  $k \geq 1,3 \rightarrow k = 1,4$  [2]

součinitel smykového tření  $f_z = 0,19 \div 0,36 \rightarrow 0,19$  [2]

U výpočtu uchycení objímky pomocí šroubů vycházím z kapitoly 5.3. obrázku 27, obrázku 28 a vzorců (5.23 – 5.26), odkud znám působící síly na šroub. Vzhledem k tomu, že volím šroub se závitem k hlavě není šroub počítán na stříh, jak je tomu u lícovaného šroubu. U závitu k hlavě šroubu počítám velikost třecí síly. Ta musí být větší než síla v ose šroubu vyvozená reakcemi.



Obrázek 31 - Rozbor působících sil na šroub

### Výpočet síly v ose šroubu

Osová síla působící ve šroubu se v této úloze těžce určuje, jelikož působí nestále. Proto síly rozdělím do působení kolmo na šroub, tedy na třecí sílu a síly působící přímo v ose šroubu.

Do kolmých složek převedu sílu  $R_{Dz}$  působící ve směru jízdy a  $R_{Dx}$  působící kolmo na směr jízdy. Do osy šroubu převedu sílu  $R_{Dy}$ . Z kolmých složek vypočítám výslednici a poté se třecí síla přepočte na osovou. Vypočítanou sílu dále přičtu k působící síle  $R_{Dy}$  a tím vypočtu sílu  $F_O$  v ose šroubu.

### Parametry šroubu M6

$P = 1$  [4]

$d_2 = 5,350$  mm [4]

$d_3 = 4,773$  mm [4]

### Výslednice kolmých sil na šroub

$$F_{\perp \text{výsledná}} = \sqrt{R_{Dx}^2 + R_{Dz}^2} = \sqrt{4\,556,3 + 15\,326,5} = 141\,N \quad (6.1)$$

### Výpočet osově síly $F_o'$

$$F_{\perp \text{výsledná}} < F_T$$

$$k \cdot F_{\perp \text{výsledná}} < F_o' \cdot f$$

$$F_o' = \frac{F_{\perp \text{výsledná}} \cdot k}{f}$$

$$F_o' = \frac{141 \cdot 1,4}{0,15} = 1\,316\,N \quad (6.2)$$

### Celková $F_o$

$$F_o = F_o' + R_{Dy} = 1\,316 + 42,6 = 1\,358,6\,N \quad (6.3)$$

### Výpočet bezpečnosti šroubu

$$\sigma_t = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{4 \cdot 1\,358,6}{\pi \cdot 4,773^2} = 75,9\,MPa \quad (6.4)$$

$$\tau = \frac{M_{Tz}}{W_k} = \frac{F_o \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{1\,316 \cdot \operatorname{tg}(3,405 + 12,374) \cdot \frac{5,350}{2}}{\frac{\pi \cdot 4,773^3}{16}} = 46,6\,MPa \quad (6.5)$$

$$\psi = \operatorname{arctg}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{\pi \cdot 5,350}\right) = 3,405^\circ \quad (6.6)$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg}\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,19}{\cos 30^\circ}\right) = 12,374^\circ \quad (6.7)$$

### Výpočet bezpečnosti podle Guesta:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{5\,760,8 + 8\,686,2} = 120,2\,N \quad (6.8)$$

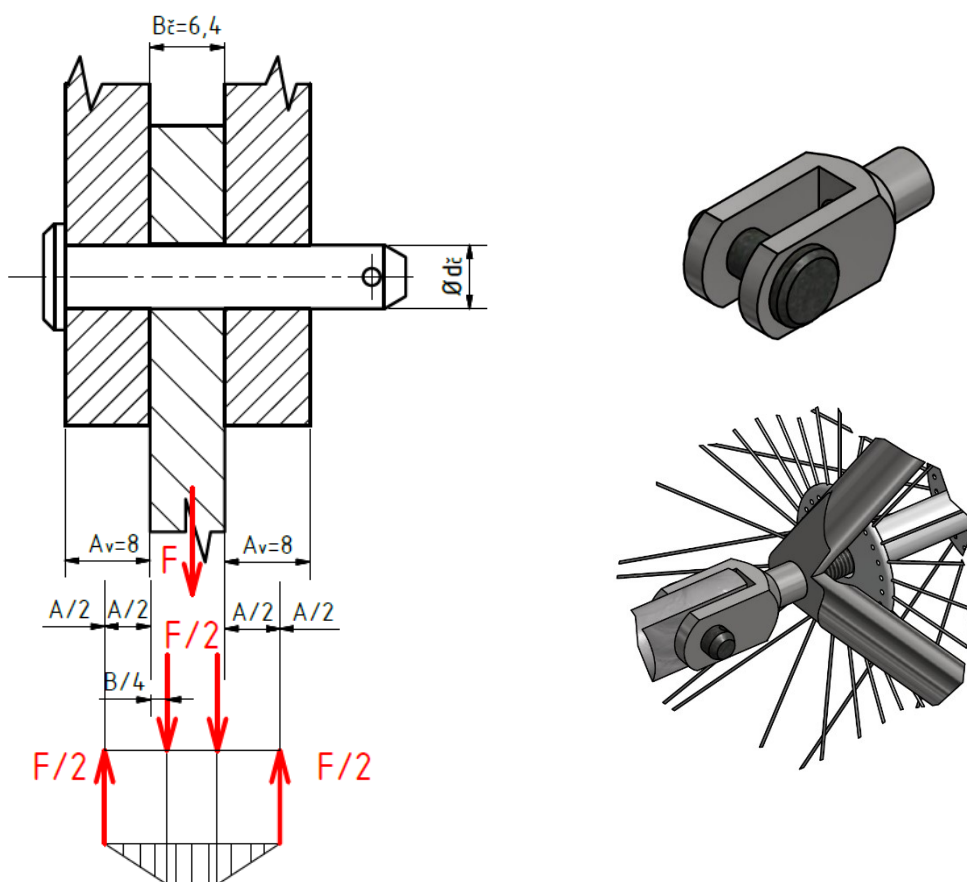
$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} = \frac{320}{120,2} = 2,7 \quad (6.9)$$



## 7. Výpočet čepu ve vidlici

Čep s vidlicí umožňuje odpojení a připojení sajdkáry v zadní části kola, kdy vidlici našroubují na závit náboje zadního kola. Čep předběžně vypočtu a poté dle tabulek zvolím vhodný průměr. Navržený čep zkontroluji na střih a otláčení.

Materiál čepu volím 11 423 [2] a dle skript volím dovolená napětí. Působící sílu  $F$  převezmu z kapitoly 5.1, kdy síla  $F = R_{By} = 158,2 \text{ N}$ .



Obrázek 32 - Rozbor sil na čep ve vidlici a vyobrazení připojení k zadnímu kolu

$$\sigma_{dov} = 80 \text{ MPa} [2]$$

$$p_{dov1} = 20 \text{ MPa} [2]$$

$$p_{dov2} = 110 \text{ MPa} [2]$$

$$\tau_{dov} = 60 \text{ MPa} [2]$$

**Výpočet průměru čepu z rovnice na ohyb  $\sigma_o$ :**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{B_{\check{c}}}{4} + \frac{A_v}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d'^3}$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot F \cdot (2A_v + B_{\check{c}})}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 158,2 \cdot (2 \cdot 8 + 6,4)}{\pi \cdot 80}} = 3,8 \text{ mm} \quad (7.1)$$

Dle ST volím nejbližší vyšší  $\rightarrow$  ČEP 4 x 30 x 1 ISO 2341

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{B_{\check{c}}}{4} + \frac{A_v}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d_{\check{c}}^3} = \frac{79,1 \cdot (1,6 + 4)}{\frac{\pi}{32} \cdot 4^3} = 70,5 \text{ MPa} \quad (7.2)$$

$$\sigma_o = 70,5 < 80 = \sigma_{dov} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE} \quad (7.3)$$

Z důvod, že by dítě mohlo šlápnout při nastupování blíž k vidlici s čepem nebo přímo na spoj navýším průměr čepu  $\rightarrow$  ČEP 6 x 30 x 1,6 ISO 2341

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{B_{\check{c}}}{4} + \frac{A_v}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d_{\check{c}}^3} = \frac{79,1 \cdot (1,6 + 4)}{\frac{\pi}{32} \cdot 6^3} = 20,9 \text{ MPa} \quad (7.4)$$

$$\sigma_o = 20,9 < 80 = \sigma_{dov} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE} \quad (7.5)$$

**Kontrola na smyk  $\tau_s$ :**

$$\tau_s = \frac{4}{3} \cdot \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{158,2}{\frac{\pi \cdot 6^2}{4}} = 7,5 \text{ MPa} \quad (7.6)$$

$$\tau_s = 7,5 < 60 = \tau_{dov} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE} \quad (7.7)$$

**Kontrola na otláčení  $p$ :**

$$p_1 = \frac{F}{B_{\check{c}} \cdot d_{\check{c}}} = \frac{158,2}{6,4 \cdot 6} = 4,1 \text{ MPa} \quad (7.8)$$

$$p_1 = 4,1 < 110 = p_{dov} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE} \quad (7.9)$$

$$p_2 = \frac{F}{A_v \cdot d_{\check{c}}} = \frac{79,1}{8 \cdot 6} = 1,6 \text{ MPa} \quad (7.10)$$

$$p_1 = 1,6 < 20 = p_{dov} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE} \quad (7.11)$$

## 8. Pružina

Pružina je nakupovaný komponent. Z pevnostní podmínky v krutu vypočítám předběžný návrh průměru drátu a poté dle katalogu firmy, kde jsem zadal průměr drátu pružiny, velký průměru pružiny, délky v nezatíženém stavu, a naopak v maximálním zatíženém stavu, vyberu vhodnou pružinu. Materiál pružiny volím 12 090 [4] [11].

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{\frac{F_p \cdot D_p}{2}}{\frac{\pi \cdot d_t^3}{16}} = \frac{8 \cdot F_p \cdot D_p}{\pi \cdot d_t^3} \leq \tau_{Dov} \quad (8.1)$$

$$\tau_{Dov} = 0,6 \cdot \sigma_{Dt} = 0,6 \cdot \frac{R_e}{k} = 0,6 \cdot \frac{480}{2} = 144 \text{ MPa} \quad (8.2)$$

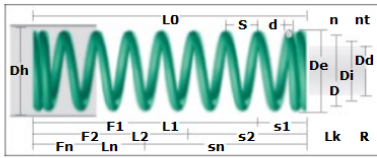
$$d_t = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_{max} \cdot D}{\pi \cdot \tau_{Dov}}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 45 \cdot 9,81 \cdot 22}{\pi \cdot 144}} = 5,5 \text{ mm} \quad (8.3)$$

C. výrobku:   
Spring type:   
Material:

Třídící:   
Pohled:

Hledání podle vlastností

d (mm)	5	10 %	from: 4,50	na: 5,50
Dd (mm)	10	10 %	from: 9,00	na: 11,00
L0 (mm)	65	10 %	from: 58,50	na: 71,50
Ln (mm)	55	10 %	from: 49,50	na: 60,50



Hledání Reset Help Information

Full view

Table View

Výsledek hledání 1 na 2 from 2

Tlačné pružiny

+

D-339V-06

Mat

EN 10270-1

Fdn

Dosedající a broušer

d (mm)

4,5

D (mm)

14,5

Dd (mm)

9,1

De (mm)

19

Detol (mm)

0,55

Dh (mm)

21

Fn (N)

1826,521

Fntol (N)

191,3

Lk (mm)

0

L0 (mm)

63

L0tol (mm)

1

Ln (mm)

51,67

sn (mm)

11,33

S (mm)

6,882

n (Kus)

8,5

R (N/mm)

161,211

Fndyn (N)

1354,173

Fndtol (N)

184,2

Lndyn (mm)

54,6

shdyn (mm)

3,2

Gew (g)

60,1316

PG

AB

🔍

€

🧮

🏠

📄

🛒

📁

Obrázek 33 - Výběr z katalogu firmy GUTEKUNST FEDERN dle navržených rozměrů

## 9. Závěr

Podle daných cílů mé bakalářské práce provádím v první části obecné seznámení s tématem. V kapitole uvádím vývoj sajdkár s popisem a příčinou vzniku. Dále popisuji složení konstrukce od celého rámu až po používaná odpružení. V poslední části této kapitoly uvádím rozdělení dle karosérie a podle podvozků, kde nejdříve uvádím všechna rozdělení sajdkár a poté rozdělení týkající se možnosti provedení sajdkár u kol.

V následující části práce uvádím popis navrženého rámu, popis připojení v přední a zadní části a návrh svařovaného rámu. Při geometrickém návrhu rámu jsem nebyl omezen zadáním, ale rozměrovým provedením kola a velikosti sedačky. Z tohoto důvodu jsem často rozměry rámu a sedačky upravoval, aby vyhovovaly jízdě a nezabraňovaly při sešlápnutí pedálů a pohyb nohou. Dále v této kapitole provádím určení rozložení působení hmotnosti na rám. Po konzultaci jsem určil působení váhy více na zadní nosnou tyč, kde dítě bude sedět, a tedy těžiště působení určil do  $\frac{2}{3}$  délky rámu mezi čepy odpružení.

Ve fázi práce kontrolních výpočtů začínám kapitolou kontroly svarů. Úvodem kapitoly uvádím problematiku koutových svarů po obvodě tyčí stejných nebo lehce odlišných průměrů, vlastnosti zvoleného materiálu a průměry použitých tyčí a trubek. Dále v kapitole počítám velikosti působících sil během jízdy. Poté provádím kontrolní výpočet na každý navržený svar rámu. Další kapitolou výpočtů je kontrola ohybového napětí v trubkách rámu. Při výpočtech jsem často upravoval tloušťku trubek jejich průměry, aby vyhovovaly velikosti svarů a jejich průvaru a zároveň vyhovovaly pevnostní podmínce v ohybu. V poslední části výpočtů provádím kontrolu navrženého šroubu v přední části uchycení rámu a čepu ve vidlici pro uchycení v zadní části. Při navrhování a kontrole šroubu jsem rozměry často měnil, z důvodu změny velikosti trubek a tím jinými působícími silami. Se stejným problémem, jako u návrhu šroubu, jsem se potýkal také při návrhu čepu ve vidli. Následně navržený čep kontroluji na střih, ohyb a otláčení.

V závěru se zabývám ověřením správnosti výpočtů metodou konečných prvků programem ANSYS, kde provádím simulaci působení hmotnosti na svařovaný rám.

## 10. Literatura a software

- [1] MALYPETR, Marcel. *Československé sajdkáry: historie, vývoj, rozdělení, jízda*. Praha: Grada, 2011. Retro (Grada). ISBN 978-80-247-3663-1.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I: spojovací části strojů : návrh, výpočet, konstrukce*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-018-3.
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] Postranní vozíky. In: [www.sidecar-cz.com](http://www.sidecar-cz.com) [online]. [cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <http://www.sidecar-cz.com/sidecary-velorex/339-sidecar-velorex>
- [6] Jízda na motocyklu s postranním vozíkem. In: [www.sidecar-cz.com](http://www.sidecar-cz.com) [online]. [cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <http://www.sidecar-cz.com/sidecary-velorex/337-sidecar-velorex>
- [7] Zrychlení. In: [www.crash.cz](http://www.crash.cz) [online]. [cit. 6.2.2018]. Dostupné z: <http://www.crash.cz/admin/files/ModuleText/3-Metodicka-pomucka-k-reseni-nehody-s-ucasti-cyklistu.pdf>
- [8] Koutové svary. In: [www.e-konstrukter.cz](http://www.e-konstrukter.cz) [online]. [cit. 8.3.2018]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/16-koutove-svary/63-pevnostni-vypocet-koutoveho-svaru>
- [9] Konstrukční ocel – ČSN 11523. In: [www.czferrosteel.cz](http://www.czferrosteel.cz) [online]. [cit. 25.2.2018]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11523.pdf>
- [10] Trubky. In: [www.arapo.cz](http://www.arapo.cz) [online]. [cit. 27.2.2018]. Dostupné z: <https://www.arapo.cz/trubky.html>
- [11] Ocel 12 090 - ČSN 41 2090. In: [www.shop.normy.biz](http://www.shop.normy.biz) [online]. [cit. 23.3.2018]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/27341>
- [12] Vidlicové hlavy. In: [www.docplayer.cz](http://www.docplayer.cz) [online]. [cit. 5.3.2018]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/46330746-Prislusenstvi-valce-uchyceni-pistni-tyce-serie-cm2-vidlicove-hlavy-katalogova-brozurka.html>
- [13] Tlačné pružiny. In: [www.federnshop.com/](http://www.federnshop.com/) [online]. [cit. 23.3.2018]. Dostupné z: [https://www.federnshop.com/cz/katalog\\_pru%e5%bein/tlacn%c3%a9\\_pru%e5%beiny.html?backfromdetail=true](https://www.federnshop.com/cz/katalog_pru%e5%bein/tlacn%c3%a9_pru%e5%beiny.html?backfromdetail=true)

- [14] Zadní náboj. In: [www.mojekolo.cz](http://www.mojekolo.cz) [online]. [cit. 7.3.2018]. Dostupné z: <http://www.mojekolo.cz/max1-redukce-pro-zadni-naboj-performance-pro-ru/>
- [15] Objímka. In: [www.akros.cz](http://www.akros.cz) [online]. [cit. 17.2.2018]. Dostupné z: <https://www.akros.cz/objimky-mat-1-4301>
- [16] Dynamika. In: [www.elearning-330.vsb.cz/](http://www.elearning-330.vsb.cz/) [online]. [cit. 17.2.2018]. Dostupné z: [http://elearning-330.vsb.cz/dynamika\\_e\\_learning/index.htm](http://elearning-330.vsb.cz/dynamika_e_learning/index.htm)
- [17] Pružiny. In: [www.domes.spssbrno.cz](http://www.domes.spssbrno.cz) [online]. [cit. 23.3.2018]. Dostupné z: [http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY\\_32\\_INOVACE\\_13-20.pdf](http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_13-20.pdf)
- [18] Autodesk: program INVENTOR 2015
- [19] ANSYS Workbench 17.0
- [20] Microsoft Word 2013

## 11. Přílohy

Kontrola rámu pomocí MKP

Příloha A

### Výkresová dokumentace:

Výkres sestavy kola a sajdkáry

SB3KSS01

A1

Výkres svařovaného rámu sajdkáry

SB3KSS01-01

A2

Výrobní výkres vidlicové hlavy

SB3KSS01-06

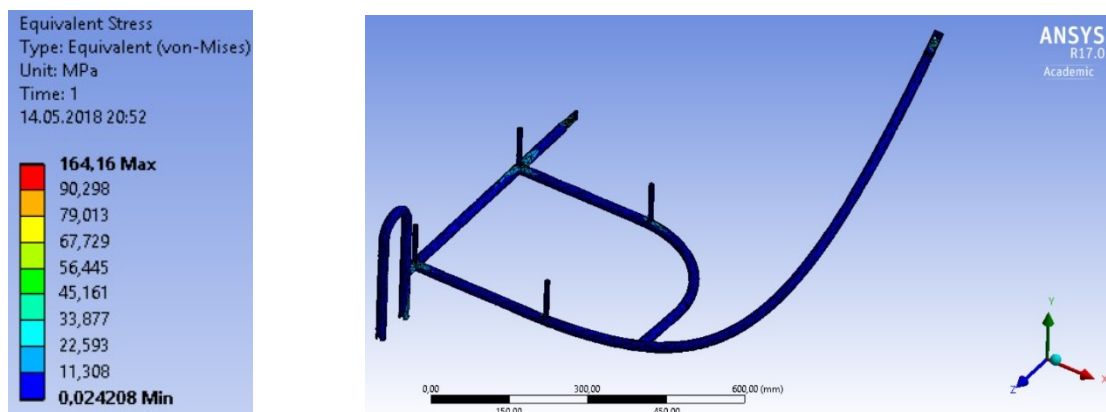
A4

### Zvláštní příloha:

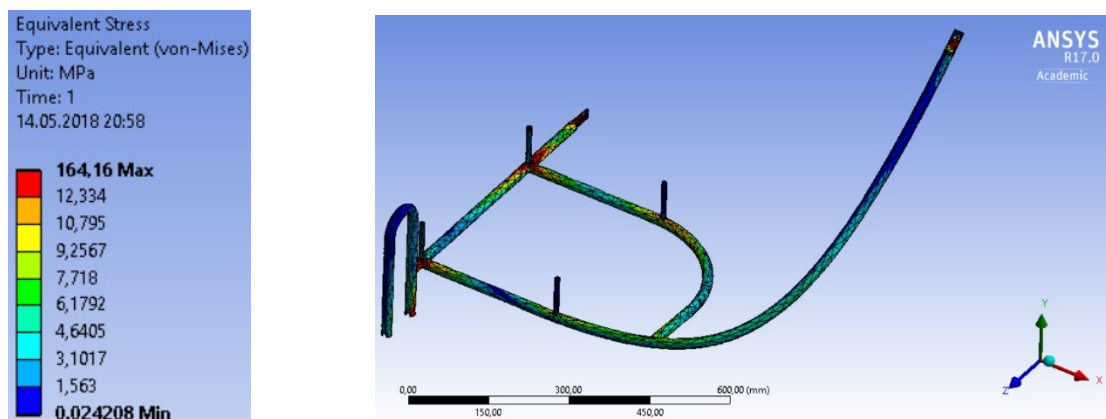
CD - ROM

## Příloha A - Kontrola rámu pomocí MKP

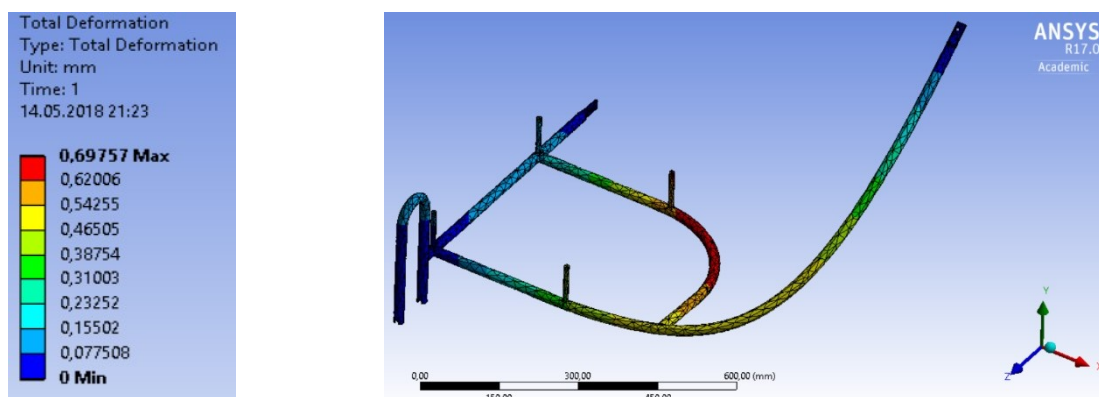
Vypočítané hodnoty kapitoly 5 kontroly ohybu překontroluji v programu ANSYS Workbench. V tomto programu vytvořím simulaci zatížení rámu váhou Q podle rozložení váhy.



Obrázek 34 - Zobrazení zatížení rámu MKP



Obrázek 35 - Zobrazení zatížení rámu MKP



Obrázek 36 - Zobrazení zatížení rámu MKP



Vytvořenou simulací jsem porovnal konečné výsledky s vypočtenými. Jelikož jsem simulaci vytvořil jen orientačně výsledky nemusely být shodné. Ovšem při kontrole výsledky odpovídaly výpočtům. Při vykreslení (obrázek 33) lze vidět malé napětí na zadní nosné tyči, kdy působí napětí 90 MPa, které přibližně odpovídá vypočtené hodnotě ohybového napětí na zadní nosné tyči. Při posunutí škály na nižší napětíové hodnoty (obrázek 34) jsem vytvořil kritická místa, která mají velmi nízké napětí přibližně 12 MPa, tedy hodnoty vyhovující dovolenému ohybovému napětí. Dále funkce total deformation (obrázek 35) vyobrazuje ohyb rámu v milimetrech, kde lze vidět, že rám se prohne o 0,62006 mm.

